

## PRECEDING VEHICLE FOLLOWING DEVICE

Patent Number: JP10143799

Publication date: 1998-05-29

Inventor(s): SHIMOMURA TOMOKO

Applicant(s):: NISSAN MOTOR CO LTD

Requested Patent:  JP10143799

Application Number: JP19960302028 19961113

Priority Number(s):

IPC Classification: G08G1/16 ; B60K31/00 ; B60R21/00 ; G06T7/00

EC Classification:

Equivalents:

---

### Abstract

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To exactly follow-up a preceding vehicle without losing it even in a situation that a vehicle suddenly approaches the preceding vehicle.

**SOLUTION:** Relating to the preceding vehicle following device, at the time of measuring a distance to a preceding vehicle by the stereo matching processing of pictures image picked-up by two image pickup means 1a and 1b, an inter- vehicle distance for the past several number of times is continuously preserved in a storage means 6, and when a template preparing means 8 prepares a template, a relative speed calculating means 7 calculates a relative speed with the preceding vehicle from the distance data for the past several times, and applies it to the template preparing means 8. Then, the template preparing means 8 predicts the rough position of the preceding vehicle at the time of a new matching processing by using this relative speed and a preceding vehicle detecting means 3 operates the scaling of a window including the preceding vehicle segmented at the time of previous arithmetic operation so that it is matched with the size on a picture of the preceding vehicle at the position, and prepares the template of a new picture including the preceding vehicle.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-143799

(43)公開日 平成10年(1998)5月29日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>  
G 0 8 G 1/16  
B 6 0 K 31/00  
B 6 0 R 21/00  
G 0 6 T 7/00

識別記号  
6 2 0

F I  
G 0 8 G 1/16  
B 6 0 K 31/00  
B 6 0 R 21/00  
G 0 1 C 3/06

E  
Z  
6 2 0 Z  
6 2 0 C  
V

審査請求 未請求 簡求項の数4 OL (全13頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平8-302028

(22)出願日 平成8年(1996)11月13日

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 下村 優子  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

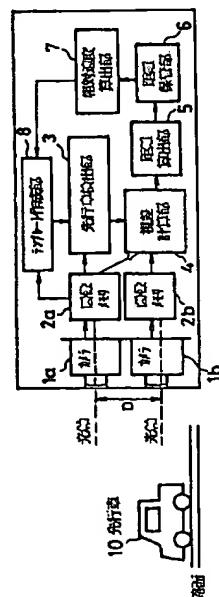
(74)代理人 弁理士 三好 秀和 (外8名)

(54)【発明の名称】先行車追従装置

(57)【要約】

【課題】先行車に急接近するような状況でもその先行車を見失うことなく確実の追従できるようにする。

【解決手段】この先行車追従装置は、2台の撮像手段1a, 1bの撮像した画像のステレオマッチング処理によって先行車までの距離を計測するのに、過去数回分の車間距離を距離データ記憶手段6に継続的に保存しておき、テンプレート作成手段8がテンプレートを作成する時には、相対速度算出手段7が過去数回分の距離データから先行車との相対速度を算出してテンプレート作成手段に与える。そしてテンプレート作成手段は、この相対速度を用いて新たなマッチング処理時の先行車のおおよその位置を予測し、先行車検出手段3が前回の演算時に切り出した先行車を含むウィンドウをその位置における先行車の画像上の大きさに一致するようにスケーリングして新たな先行車を含む画像のテンプレートを作成する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 前方の情景を撮像する、上下2台の撮像手段と、

前記2台の撮像手段それぞれの撮像した画像を記憶する画像メモリと、

前記2台の撮像手段のうちのいずれか1台の撮像手段の撮像した画像に対して、与えられる先行車を含む画像のテンプレートとマッチング処理することによって当該画像中の先行車を含むウィンドウを切り出す先行車検出手段と、

前記2台の撮像手段のうちの他方の撮像手段の撮像した画像を前記先行車検出手段の切り出したウィンドウとマッチング処理することによって当該他方の撮像手段の画像中の先行車を含むウィンドウを切り出す視差算出手段と、

前記2台の撮像手段それぞれの画像中から切り出されたウィンドウの座標値に基づいて先行車までの距離を算出する距離算出手段と、

前記距離算出手段の算出した距離データを複数回分記憶する距離データ記憶手段と、

前記距離データ記憶手段に記憶されている過去の複数回分の距離データに基づいて先行車との相対速度を算出する相対速度算出手段と、

前記相対速度算出手段の算出した相対速度に基づき、前記先行車検出手段が前回の演算時に切り出した前記先行車を含むウィンドウをスケーリングして新たな先行車を含む画像のテンプレートを作成して前記先行車検出手段に与えるテンプレート作成手段とを備えて成る先行車追従装置。

【請求項2】 前記相対速度と前記先行車までの距離とに基づいて、前記2台の撮像手段それぞれの撮像した画像に対して前記先行車検出し及び距離算出処理のためのマッチング処理の範囲を限定する処理範囲限定手段を備えて成る請求項1に記載の先行車追従装置。

【請求項3】 前記画像から先行車を含むウィンドウの切り出しができたかどうかによって先行車を追従しているかどうかを判断する追従判断手段と、

前記追従判断手段が追従していると判断した時に前記テンプレート作成手段が作成したテンプレートとそれを用いた時の先行車までの距離とを保存するテンプレート・距離保存手段と、

前記追従判断手段が先行車を追従していないと判断した時に、前記先行車検出手段の用いる画像をあらかじめ設定した所定の大きさの複数のブロックに分割し、各ブロックごとにその中に撮像されている物体までの距離を求めるブロック距離算出手段と、

前記ブロック距離算出手段の算出した距離のうち最短距離を与えるブロックを選択する最短距離ブロック選択手段とを備え、

前記テンプレート作成手段は、前記追従判断手段が先行

2

車を追従していないと判断した時には、前記最短距離ブロック選択手段の選択したブロックまでの距離と、前記テンプレート・距離保存手段に保存されている距離との比率に基づき、前記テンプレート・距離保存手段に保存されているテンプレートをスケーリングして新たなテンプレートを作成し、前記先行車検出手段に与えることを特徴とする請求項1又は2に記載の先行車追従装置。

【請求項4】 前記最短距離ブロック選択手段の選択したブロックに対して、前記ブロック距離算出手段の算出した最短距離に基づいて(x, y)座標位置を決定し、前記テンプレート作成手段に与える座標決定手段を備えて成る請求項3に記載の先行車追従装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は車載先行車追従装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、車載ステレオ画像処理装置による先行車追従装置として、たとえば、特開平2-2325

20 12号公報に記載されたものが知られている。この従来の先行車追従装置は、ある時刻の画像上に切ったウィンドウ内の画像をテンプレートとし、その画像と最も類似した画像の位置を新たに入力した画像上から求め、その位置を新たなウィンドウとして同じ処理を繰り返すことにより先行車追従を行う方式のものである。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、このような従来の先行車追従装置では、先行車との相対速度が大きい時、特に先行車が急ブレーキをかけた時などでは先行車の画像上での大きさが連続的に入力する画像間でも大きく変化するために、テンプレートとのマッチングが困難となる問題点があった。また相対速度が小さい場合でも、画像処理時間間隔が長いと、相対速度が大きい場合と同じように連続画像間で先行車の大きさが大きく変化するためマッチングが困難となる問題点もあった。

【0004】 本発明はこのような従来の問題点に鑑みてなされたもので、ある時刻においてその過去数回分で求めた先行車までの距離値をもとにして先行車との相対速度を求め、その相対速度から現時刻の画像上での先行車の大きさと新たに入力する画像上での先行車の大きさとの比率を求め、その比率をもとにして現時刻の画像上に切ったウィンドウ内の画像をスケーリングし、新たに入力する画像上での先行車の大きさに合わせたテンプレートを作成することにより、先行車との相対速度が大きい場合や画像処理時間間隔が大きい場合にもテンプレートとのマッチングが容易に行える先行車追従装置を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 請求項1の発明の先行車追従装置は、前方の情景を撮像する上下2台の撮像手段

50

と、前記2台の撮像手段それぞれの撮像した画像を記憶する画像メモリと、前記2台の撮像手段のうちのいずれか1台の撮像手段の撮像した画像に対して、与えられる先行車を含む画像のテンプレートとマッチング処理することによって当該画像中の先行車を含むウィンドウを切り出す先行車検出手段と、前記2台の撮像手段のうちの他方の撮像手段の撮像した画像を前記先行車検出手段の切り出したウィンドウとマッチング処理することによって当該他方の撮像手段の画像中の先行車を含むウィンドウを切り出す観差算出手段と、前記2台の撮像手段それぞれの画像中から切り出されたウィンドウの座標値に基づいて先行車までの距離を算出する距離算出手段と、前記距離算出手段の算出した距離データを複数回分記憶する距離データ記憶手段と、記距離データ記憶手段に記憶されている過去の複数回分の距離データに基づいて先行車との相対速度を算出する相対速度算出手段と、前記相対速度算出手段の算出した相対速度に基づき、前記先行車検出手段が前回の演算時に切り出した前記先行車を含むウィンドウをスケーリングして新たな先行車を含む画像のテンプレートを作成して前記先行車検出手段に与えるテンプレート作成手段とを備えたものである。

【0006】この請求項1の発明の先行車追従装置では、前方の情景を上下2台の撮像手段によって撮像し、それぞれの画像を画像メモリに記憶する。そして先行車検出手段が、2台の撮像手段のうちのいずれか1台の撮像手段の撮像した画像に対して、与えられる先行車を含む画像のテンプレートとマッチング処理することによって当該画像中の先行車を含むウィンドウを切り出し、観差算出手段が2台の撮像手段のうちの他方の撮像手段の撮像した画像を先行車検出手段の切り出したウィンドウとマッチング処理することによって当該他方の撮像手段の画像中の先行車を含むウィンドウを切り出す。そして距離算出手段が、これら2台の撮像手段それぞれの画像中から切り出されたウィンドウの座標値に基づいて先行車までの距離を算出し、距離データ記憶手段に記憶する。なお、この距離データ記憶手段には距離算出手段の算出した距離データを過去数回分記憶させておく。

【0007】そして相対速度算出手段が、距離データ記憶手段に記憶されている過去数回分の距離データに基づいて先行車との相対速度を算出してテンプレート作成手段に与え、テンプレート作成手段は、相対速度算出手段の算出した相対速度に基づき、先行車検出手段が前回の演算時に切り出した先行車を含むウィンドウをスケーリングして新たな先行車を含む画像のテンプレートを作成して先行車検出手段に与える。

【0008】以上の処理を繰り返すことによって、先行車に対する急激な接近があった場合、あるいは追従処理時間間隔が長くてその間に先行車との距離が大きく変化したような場合でも、先行車との相対速度を過去数回分の距離データから算出して予測するために先行車を見失

うことなく追従することができ、先行車追従性を改善することができる。

【0009】請求項2の発明は、請求項1の先行車追従装置においてさらに、前記相対速度と前記先行車までの距離とに基づいて、前記2台の撮像手段それぞれの撮像した画像に対して前記先行車検出し及び距離算出処理のためのマッチング処理の範囲を限定する処理範囲限定手段を備えたものである。

【0010】この請求項2の発明の先行車追従装置では、処理範囲限定手段によってマッチング処理時の画像上の探索範囲を特に先行車が存在する可能性の高い範囲に限定することができ、先行車追従処理を高速化することができる。

【0011】請求項3の発明は、請求項1又は2の先行車追従装置においてさらに、前記画像から先行車を含むウィンドウの切り出しができたかどうかによって先行車を追従しているかどうかを判断する追従判断手段と、前記追従判断手段が追従していると判断した時に前記テンプレート作成手段が作成したテンプレートとそれを用いた時の先行車までの距離とを保存するテンプレート・距離保存手段と、前記追従判断手段が先行車を追従していないと判断した時に、前記先行車検出手段の用いる画像をあらかじめ設定した所定の大きさの複数のブロックに分割し、各ブロックごとにその中に撮像されている物体までの距離を求めるブロック距離算出手段と、前記ブロック距離算出手段の算出した距離のうち最短距離を与えるブロックを選択する最短距離ブロック選択手段とを備え、前記テンプレート作成手段が、前記追従判断手段が先行車を追従していないと判断した時には、前記最短距離ブロック選択手段の選択したブロックまでの距離と、前記テンプレート・距離保存手段に保存されている距離との比率に基づき、前記テンプレート・距離保存手段に保存されているテンプレートをスケーリングして新たなテンプレートを作成し、前記先行車検出手段に与えるようにしたものである。

【0012】この請求項3の発明の先行車追従装置では、追従判断手段によって本装置が先行車に追従しているかどうか判断し、追従していると判断した時にはテンプレート作成手段が作成したテンプレートとそれを用いた時の先行車までの距離とをテンプレート・距離保存手段に保存しておく。

【0013】そして追従判断手段が、本装置が先行車に追従しておらず先行車を見失ったと判断した時には、ブロック距離算出手段が先行車検出手段の用いる画像をあらかじめ設定したある大きさの複数のブロックに分割し、各ブロックごとにその中に撮像されている物体までの距離を求め、最短距離ブロック選択手段がこのブロック距離算出手段の算出した距離のうち最短距離を与えるブロックを選択する。そして、テンプレート作成手段が、この最短距離ブロック選択手段の選択したブロック

までの距離と、テンプレート・距離保存手段に保存されている距離との比率に基づき、テンプレート・距離保存手段に保存されているテンプレートをスケーリングして新たなテンプレートを作成して先行車検出手段に与える。

【0014】これにより、先行車検出手段、視差算出手段、距離算出手段及び相対速度算出手段によって2台の撮像手段それぞれの撮像した画像から先行車を含むウィンドウを切り出して先行車までの距離の算出と相対速度の算出するという先行車追従処理を継続することができる。

【0015】請求項4の発明は、請求項3の先行車追従装置においてさらに、前記最短距離ブロック選択手段の選択したブロックに対して、前記ブロック距離算出手段の算出した最短距離に基づいて(x, y)座標位置を決定し、前記テンプレート作成手段に与える座標決定手段を備えてものであり、これによってテンプレート作成手段は撮像手段の撮像した画像中からテンプレートを作成する位置のおおよその見当をつけることができ、それだけテンプレート作成処理の高速化が図れる。

#### 【0016】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、先行車に対する急激な接近があった場合、あるいは追従処理時間間隔が長くてその間に先行車との距離が大きく変化したような場合でも、先行車との相対速度を過去数回分の距離データから算出して予測するために先行車を見失うことなく追従することができ、先行車追従性を改善することができる。

【0017】請求項2の発明によれば、処理範囲限定手段によってマッチング処理時の画像上の探索範囲を特に先行車が存在する可能性の高い範囲に限定することができ、先行車追従処理を高速化することができる。

【0018】請求項3の発明によれば、本装置が先行車を一時的に見失っても、画像中から先行車の存在する位置を自動的に探索して割り出し、テンプレートを作成して先行車追従処理を継続することができ、先行車追従の信頼性を高めることができる。

【0019】請求項4の発明によれば、請求項3の先行車追従装置においてさらに、最短距離ブロック選択手段の選択したブロックに対して、ブロック距離算出手段の算出した最短距離に基づいて(x, y)座標位置を決定してテンプレート作成手段に与える座標決定手段を備えているので、テンプレート作成手段が撮像手段の撮像した画像中からテンプレートを作成する位置のおおよその見当をつけることができ、テンプレート作成処理の高速化が図れる。

#### 【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図に基づいて詳説する。図1は本発明の第1の実施の形態の機能構成を示しており、この第1の実施の形態の先行車

追従装置は、車両の先頭部において上下の光軸が1つの垂直面上に乗るような上下位置関係に設置された2台のカメラ1a, 1bと、これらのカメラ1a, 1bそれぞれの撮像した映像信号をデジタル画像データとして保存する画像メモリ2a, 2bと、これらの画像メモリ2a, 2bのいずれかあらかじめ定めた一方のもの（以下の説明では、画像メモリ2aとする）の画像からあるテンプレートとの類似度を求めるこによって距離測定対象物である先行車を検出する先行車検出部3と、この先行車検出部3が用いた画像内において先行車が検出された位置の画像と最も類似した画像が存在する位置を他方の画像メモリ2の画像内から探し出す視差計算部4とを備えている。

【0021】この実施の形態の先行車追従装置はさらに、視差計算部4で求めた互いに類似した位置と2台のカメラ1a, 1bの位置関係に基づき、先行車までの距離を算出する距離算出部5と、この距離算出部5が算出した先行車までの距離データの過去数回分のデータを記憶する距離保管部6と、この距離保管部6に記憶されている過去数回分の距離データから先行車との相対速度を算出する相対速度算出部7と、この相対速度算出部7で求めた相対速度をもとにして、新たに入力される画像上の先行車の大きさを前回に入力された画像上での先行車の大きさから予測し、先行車検出部3で先行車の画像上の位置を求める際に前回に入力された画像上の先行車が存在する位置に切られたウィンドウ内の画像を新たに入力される画像上の先行車の大きさに合わせてスケーリングしたテンプレートを作成するテンプレート作成部8とを備えている。

【0022】次に、上記構成の先行車追従装置の動作について説明する。図2にカメラ1a, 1bそれが撮像した先行車10の画像A上の大きさと距離zとの関係が示してあり、先行車10の車幅W(m)と先行車10までの距離z(m)とカメラ1a, 1bそれぞれのレンズ12a, 12bから撮像面13a, 13bまでの焦点距離f(画素)とすると、画像A上の先行車の大きさxw(画素)は、次の数式で求められる。

#### 【0023】

#### 【数1】

$$xw = \frac{f \times W}{z}$$

ただし、一般に焦点距離fは(mm)の単位で表わされることが多いが、ここではf(mm)を画像Aにおける1画素の大きさ(単位はmm)で割ることによって単位を画素に変換する。たとえば、図2における画像Aにおける1画素の大きさは、既知のW(mm), z(m), f(mm)を設定し、その時に撮像される画像A上のxwの画素数を求め、それを上記の数式に代入することによって求めることができる。

【0024】通常、カメラ1a, 1bの焦点距離fは固定値であり、同じ先行車10を追従する場合には車幅Wも固定値となるので、画像A上の先行車の大きさxwは距離zに反比例する。図3及び図4は同じ先行車10との相対速度が0km/hの場合と先行車10が自車より速く遠ざかる場合との画像Aの先行車の大きさの変化の様子を示している。これらの図3及び図4と上記数1式とから分かるように、車間距離zが一定であれば画像A上の先行車の大きさxwも一定であるが、画像A上の先行車の大きさxwは車間距離zによって変化するため、相対速度が0でない時には固定の大きさのテンプレートで位置検出を行うことはできない。また連続して入力される画像をもとにテンプレートを更新することによってその時々の先行車の大きさxwに対応したテンプレートを作成することはできるが、急に相対速度が増加した時や画像の取り込み時間間隔が長い時にはこの方法では対応することができない。

【0025】そこで本発明では、以下に説明する原理手法によって連続した過去数回分の画像を用いてテンプレートを更新し、急激に大きな変化がある場合でも対応することができるようとしたのである。

【0026】相対速度がa(m/s)、画像の取り込み時間間隔が $\Delta t$ (s)の時、1枚の画像を入力してから次の画像を入力するまでに変化する車間距離 $\Delta z$ は、 $\Delta t \cdot a$ (m)である。画像上の先行車の大きさxwは車間距離zに反比例するので、時刻tでの車間距離を $z_t$ とし、時刻tでの画像上の先行車の大きさを $xw_t$ とし、時刻 $t+1$ での画像上の先行車の大きさを $xw_{t+1}$ とすると、時刻tと時刻 $t+1$ での画像上の先行車の大きさの間に、次の数2式の関係が成立立つ。

【0027】

【数2】

$$xw_t : xw_{t+1} = (z_t + \Delta t \times a) : z_{t+1}$$

この数2式内の相対速度aは、ある一定時間間隔ごとにステレオ画像処理で求めた過去数回分の距離値をもとにして求めることができる。図5にはある時刻tから遡って過去数回分の距離値の変化をグラフにして示してあるが、相対速度aはこのような過去数回分の距離値データを利用して最小2乗誤差をとる直線の傾きより求めることができる。また各時刻で求めた先行車までの距離zは図6に示す原理によってステレオ画像において2枚の画像間のマッチング位置y<sub>a</sub>, y<sub>b</sub>を求めるこことによって次の数3式から算出することができる。

【0028】

【数3】

$$z = \frac{f \times D}{(y_b - y_a)}$$

ここで、f, y<sub>a</sub>, y<sub>b</sub>の単位は画素、D, zの単位はmである。

【0029】このようにして算出した相対速度aをもとに、時刻tの画像に切ったウインドウを数2式の比率でスケーリングすることによって次回の入力画像上の先行車の大きさとテンプレートとを作成することができる。

【0030】このようにして、位置検出を行う画像上の先行車の大きさとテンプレートとを作成する基本となる

10 画像上での先行車の大きさの比率を求め、この比率を用いて位置検出を行う画像上の先行車の大きさに合わせてスケーリングしてテンプレートを作成することにより、相対速度が大きい時や画像の入力時間間隔が長い時など、先行車の大きさが大きく変化する場合においてもテンプレートと処理対象画像上での先行車との間で大きさが大きく異なることがなくなるために、確実にマッチングを行うことができるようになる。また、連続画像処理で相対速度と車間距離と画像上の先行車位置が常に分かっていることから、これらの値をもとにして次回の20 画像での先行車の存在範囲が限定できて先行車の位置検出の処理範囲を限定することができ、処理の高速化も可能となる。

【0031】以上の原理をもとに先行車追従を実行する図1に示した第1の実施の形態の先行車追従装置による先行車追従動作は、次の通りである。上下に2台設置されているカメラ1a, 1bによって所定周期ごとに前方の情景を撮像し、その画像信号は画像メモリ2a, 2bそれぞれにデジタル画像データとして記憶されていく。この画像メモリ2a, 2bは過去数回分の画像データを蓄積し、新たな入力があると最古のものから画像データを順繰りに最新の画像データで更新していくことにより、現在時点に近い連続した過去数回分の画像データを記憶している。

【0032】テンプレート作成部8は、画像メモリ2aに記憶されている画像データを用いて先行車の最新のテンプレートを作成する。この先行車のテンプレートの作成方法を図7を用いて説明する。図7において左の画像Aは時刻tの画像、右の画像A'は新たに入力する画像の予想図である。ここでテンプレートの大きさは常に $xw \times yw$ に固定することにして、 $xw \times yw$ のテンプレートにスケーリングされるべきウインドウの範囲 $xw' \times yw'$ の大きさを相対速度より求め、その大きさ $xw' \times yw'$ のウインドウ内の画像を $xw \times yw$ にスケーリングすることによってテンプレートを作成する。

【0033】 $xw'$ ,  $yw'$ は数4式によって求める。

【0034】

【数4】

$$xw' = \frac{(z_t + \Delta t \times a) \times xw}{z_t}, \quad yw' = \frac{(z_t + \Delta t \times a) \times yw}{z_t}$$

数4式の中のxw, ywは適当な大きさに定義する。またaは相対速度、 $\Delta t$ は画像の入力時間間隔である。そしてこの相対速度aは相対速度算出部7において算出するが、それには距離算出部5において算出し、距離保管部6に記憶されている連続する最新の過去数回分の車間距離zに対して、図5に示したように最小2乗誤差となる直線( $y = a t + b$ )の傾きaとして求めるものであり、テンプレート作成部8において、この相対速度aを上記数4式に代入することによって時刻tの画像上に切るウインドウの大きさ $xw' \times yw'$ を決定する。またテンプレートを作成するための画像を抜き出すウインドウの位置は、先行車検出部3において時刻tの画像上で先行車の位置検出を行った際に先行車が検出された位置( $x_t, y_t$ )を始点とする位置に切る。

【0035】このようにして定義された大きさ $xw' \times yw'$ のウインドウ内の画像を大きさが $xw \times yw$ になるようにスケーリングする。スケーリングは図7の上側に示したように、テンプレートの左上端の点を原点とし、左端の画素から順に各点が対応する位置を比例計算により求め、対応する位置の輝度をテンプレート上の輝度とすることによって行う。つまり、テンプレート上の点(i, j)の輝度を画像A上の点( $x_t + i \times xw / xw', y_t + j \times yw / yw'$ )の輝度とする操作を $xw \times yw$ 箇所の画素において行い、位置検出画像上の先行車の大きさに合わせたテンプレートを作成するのである。

【0036】先行車検出部3における先行車位置検出は、次の手順による。この先行車位置検出は、テンプレート作成部8によって作成したテンプレートと最も類似度の高い部分を、新たに入力した画像内から探し出す操作によって行う。この類似度は、正規化相関法を用いて算出することができる。図8に正規化相関法による位置検出手法を示しており、テンプレートの輝度値を $T_{ij}$ 、新たに入力した画像内から抜き出した位置の画像の輝度値を $A_{ij}$ とすると、互いの画像の類似度Rは次の数5式により算出することができる。

【0037】

【数5】

$$R = \frac{\sum_{j=1}^{yw} \sum_{i=1}^{xw} (T_{ij} - \bar{T}) \times (A_{ij} - \bar{A})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{yw} \sum_{i=1}^{xw} (T_{ij} - \bar{T})^2} \times \sqrt{\sum_{j=1}^{yw} \sum_{i=1}^{xw} (A_{ij} - \bar{A})^2}}$$

この数5式による類似度Rが高いほど類似性が強くなる。そこで新たに入力した画像Aから位置をずらしながらテンプレートと同じ大きさ $xw \times yw$ の画像を切り取り、数5式に当てはめてそれぞれの類似度を算出し、類似度

が最も大きい切り出し画像の位置を先行車の位置として決定する。図8の場合には中段の切り出し画像のうち、真ん中の画像がテンプレートに最も類似度が高い画像と決定し、その画像の左上端位置座標( $x_t + \Delta t, y_t + \Delta t$ )を先行車の位置と決定するのである。

【0038】距離算出部5は次の手法によって先行車と10の車間距離zを算出する。前述のように、図6に示した原理によって先行車の一部が撮像されていて、互いに対応する位置 $y_a, y_b$ が分かれば、数3式によって先行車までの距離zを求めることができる。

【0039】そこでまず、観差計算部4においてテンプレートマッチング処理を行うことになる。先行車の位置は先行車検出部3においてカメラ1aの撮像した画像Aに基づいてすでに決定されているので、観差計算部4では図9に示すように、ウインドウの始点を $y_a$ として、この $y_a$ の位置に切られたウインドウをテンプレートとすることにより、先行車検出部3で行った位置検出と同じようにカメラ1bが撮像した画像Bから、画像Aから切られたテンプレートと最も類似度Sの高い位置を次の数6式を用いた正規化相関法によって求め、その位置を $y_b$ とする。

【0040】

【数6】

$$S = \frac{\sum_{j=1}^{yw} \sum_{i=1}^{xw} (A_{ij} - \bar{A}) \times (B_{ij} - \bar{B})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{yw} \sum_{i=1}^{xw} (A_{ij} - \bar{A})^2} \times \sqrt{\sum_{j=1}^{yw} \sum_{i=1}^{xw} (B_{ij} - \bar{B})^2}}$$

なお、このマッチング処理では、2台のカメラ1a, 1bはそれらのy軸が同一ライン上に乗るように配置されているので、図9に示すように探索する位置は $x_b (= x_a)$ におけるy軸方向だけでよい。そして求めた $y_a, y_b$ を数3式に代入することによって先行車10までの距離zを求めることができる。この距離zの算出は、距離算出部5において行い、その結果は距離保管部6に記憶する。

【0041】以上の方針で算出する先行車までの距離zは、毎回更新しながら過去数回分の距離を距離保管部6に記憶しておく。そして、次の画像処理を行う時に、最新の距離zを用いて上記の相対速度を算出し、先行車追従用のテンプレート作成時のスケーリングの比率として利用する。

【0042】このような処理を繰り返すことによって、先行車を追従しながら車間距離計測、相対速度の算出を行う。そしてこれらの算出データは外部に出力され、車間距離警報、急接近警報、その他の前方安全監視機能に

利用することになる。

【0043】次に、本発明の第2の実施の形態を図10に基づいて説明する。この第2の実施の形態の先行車追従装置は、ある決まった先行車10を追従し続ける処理において、先行車を一時的に見失った後に同じ先行車を再び見つけて追従を再開できるように、先行車を見失った時にはテンプレートを更新せず、それまで用いていたテンプレートとその時の距離とを常に保存しておき、そのテンプレートを用いて先行車の探索を継続する機能を附加的に備えたことを特徴とする。つまり、通常は第1の実施の形態の先行車追従装置と同じ処理を行い、先行車を一時的に見失った時に限り、テンプレートを更新せず、先行車を追従している時に保存したテンプレートをその時の距離に応じてスケーリングし、そのスケーリングしたテンプレートを用いて先行車位置を検出する処理を行うようにしているのである。

【0044】この第2の実施の形態の先行車追従装置の機能構成を図10に基づいて説明する。第2の実施の形態の先行車追従装置は、図1に示した第1の実施の形態と同様に2台のカメラ1a, 1b、画像メモリ2a, 2bを備え、先行車位置を検出する先行車検出部3-1と、視差計算部4、距離算出部5、距離保管部6、相対速度算出部7、テンプレート作成部8-1を備えている。これらのうち先行車検出部3-1、テンプレート作成部8-1は先行車を見失った時に用いた先行車位置検出処理、テンプレート作成処理が第1の実施の形態のものとは異なっている。

【0045】この第2の実施の形態の先行車追従装置ではさらに、先行車10に追従していることを判断する追従判断部21と、先行車10に追従している時に用いたテンプレートとその時の距離とを記憶しておくテンプレート・距離保管部22と、画像内にある大きさのブロックに区切り、そのブロックごとにブロック内に撮像されている物体までの距離を求める距離画像作成部23と、ブロックごとに求めた距離値のうち最小の距離を与えるブロックを先行車が撮像されているブロックとし、物体のy座標を求める最短距離位置検出部24及びy座標位置算出部25とを備えている。そしてテンプレート作成部8-1は、先行車を見失った時に、最も短い距離位置の先行車が撮像されているブロックにおいてその距離の時に撮像される先行車の大きさに合わせてスケーリングしたテンプレートを作成し、また先行車検出部3-1はこのテンプレートを用いて先行車の位置検出を行う。

【0046】次に、上記構成の第2の実施の形態の動作について説明する。追従判断部21が後述する演算処理により先行車10に追従していると判断している間は、先行車検出部3-1、視差計算部4、距離算出部5、距離保管部6、相対速度算出部7及びテンプレート作成部8-1は第1の実施の形態と同じ演算処理により先行車追従処理を繰り返す。

【0047】ここで、先行車10に追従しているかどうかは、たとえば、先行車検出部3-1が算出する前述の数式による類似度Sの大きさと、画像Aにおける横エッジの有無により判断することができる。画像A上での先行車には通常、横エッジ(つまり、縦方向の線)が多く、また先行車10を追従し続けている時には類似度Sの最大値が1に近くなるが、位置検出の走査範囲内に先行車が存在しなくなると類似度の最大値が低くなる。したがって、類似度の最大値があるしきい値以下となり、かつ横エッジの強度や長さがあるしきい値以下となった時には先行車を見失ったと判断することができる。そこで、追従判断部21は、先行車検出部3-1が行う上記の類似度の演算値をしきい値と比較し、また画像Aにおける横エッジの抽出とその強度演算及び長さ演算を行い、しきい値と比較することによって先行車10に追従しているか見失ったかどうかを判断する。

【0048】追従判断部21が先行車を見失ったと判断した時には、テンプレートを更新せず、その時に用いたテンプレートとそのテンプレートを作成した画像上に撮像されている先行車までの距離zsをテンプレート・距離保管部22に記憶し、それらのデータを用いて、次に説明する方法によって先行車探索を行う。

【0049】図11(a), (b)に示すようにカメラ1aが撮像し、画像メモリ2aに記憶された画像A上で、先行車10が撮像されていれば存在するはずの範囲Cは、路面上である画像Aの下部に限られている。そこで距離画像作成部23において、図12に示すように画像A内で路面が撮像されている範囲Cをブロックb1, b2, b3, b4ごとに区切り、最短距離位置検出部24において各ブロックごとの距離d1, d2, d3, d4を求める。このブロックごとの距離は、画像Aにおいてブロックb1, b2, b3, b4を定義し、それをテンプレートとして視差計算部4及び距離算出部5による車間距離計測処理と同じように、正規化相関法で画像B内から類似度の最も高いブロックの位置を探すことでのブロック内に撮像されている先行車までの距離を求めるのである。

【0050】ただし、このブロックごとのステレオマッチングは垂直微分画像を用いる。これは、先行車は横エッジを多く持つため、ブロック内に先行車が存在する場合に背景の画像よりも先行車の横エッジが強調されたマッチングが行われるようにするためである。この方法でステレオマッチングを行うと、先行車が撮像されている場合、そのブロックまでの距離が短くなるので、すべてのブロックのうち最短距離のものを先行車が存在する可能性のあるブロックと見なし、その後に先行車の存在を確認する処理を行う。なお、最短距離位置検出部24によって最短距離位置のブロックを特定すると、y座標位置検出部25はそのブロックの画像中に存在する先行車の一部のy軸座標位置を後述する方法によって検出す

る。

【0051】上記の先行車の存在確認はテンプレート作成部8-1において行う。図13に示すように、最近距離のブロック（ここではブロックb2であったとしている）内の対象物までの距離d2はすでに求められているので、その距離をzbとし、テンプレート・距離保管部22に記憶されているテンプレートTとそのテンプレートを作成した時の距離zsとをもとにブロックb2の画像内の先行車の大きさに合わせてテンプレートTをスケーリングして位置検出用のテンプレートT'を作成する。そして先行車検出部3-1は、このテンプレートT'を用いてブロックb2の近辺で最も類似度の高い位置を探査し、その位置での類似度と横エッジの強度と長さが先行車に追従したと見なされるしきい値を越えていたなら、先行車を検出したものと見なし、再び前述の第1の実施の形態と同じ手順でテンプレートを更新しながら先行車を追従する処理を続ける。

【0052】しかしながらしきい値を越えていないければ、今まで探索対象とした画像A内には先行車は存在していないものと判断し、さらに次の画像の取り込みと、上記の先行車探索処理を繰り返す。

【0053】この第2の実施の形態によれば、次のような利点がある。テンプレートマッチングによって先行車の位置検出を行う場合、車間距離によって先行車の大きさが変わることが問題点となることが多いが、第2の実施の形態で採用した方法によれば、画像内の各ブロックごとの距離と先行車を表すテンプレートの距離とを共に保存しているために、ブロック内に撮像されている物体までの距離zbとテンプレートの距離zsとをもとにした比例計算によってテンプレートTを位置検出を行う画像A上の先行車の大きさに合わせてスケーリングして位置検出用のテンプレートT'を作成することができ、先行車を一時的に見失ってもテンプレートマッチングによる先行車追従を継続することができる。

【0054】また先行車を見失った時の復帰処理において、次のような利点もある。図13に示すように、先行車10までの距離zと、先行車10を撮像しているカメラ1aの高さ位置から先行車の一部までの垂直高さhとが分かっていれば、先行車10が撮像されるy軸方向の位置yaは次の数7式より求めることができる。

【0055】

【数7】

$$ya = \frac{f \times h}{z}$$

そこで最短距離位置検出部24によりあるブロックb2で求めた距離を先行車までの距離と仮定すると、y座標位置検出部25は数7式より先行車の横エッジが存在するおおよそのy軸方向の位置を求め、テンプレート作成部8-1はこれらの演算結果に基づき、先行車の位置検

出範囲をx軸方向はそのブロックb2の近辺であり、y軸方向は数7式で求めた付近に限定することができ、テンプレート作成処理時間を短くすることができる。また先行車が幾何学的に撮像される可能性が全くない位置を検出することができないので、誤検出を減らすこともできる。さらにy座標位置検出部25が数7式によって求めたy軸座標値は、先行車の存在確認を行際の横エッジの存在確認位置として利用することもできる。

【0056】次に、本発明の第3の実施の形態を図14に基づいて説明する。この第3の実施の形態の先行車追従装置は、第1の実施の形態の構成にさらに、画像Aに対するマッチング処理の際の処理範囲を限定する処理範囲限定部31を追加的に備え、テンプレート作成部8-2、先行車検出部3-2がこの処理範囲限定部31の指示によって画像Aに対するマッチング処理範囲を限定するようにしたことを特徴とする。

【0057】画像上での先行車の大きさを考慮するために常に相対速度と車間距離とを求めており、それらの値をもとに先行車が画像上で存在する範囲を求めることができ、これに基づいて位置検出の走査範囲を限定することによって処理の高速化が図れる。図15に示すように、前方に曲率半径がrの道路がある時のカメラ1a, 1bの撮像した画像A, B上の先行車の横方向の動きの大きさは、次の数8式のようになる。

【0058】

【数8】

$$|x_t - x_{t+\Delta t}| = \frac{\left\{ r - \sqrt{r^2 - (z_t + \Delta t \times a)^2} \right\} \times z_t}{\left\{ r - \sqrt{r^2 - z_t^2} \right\} \times (z_t + \Delta t \times a)}$$

また図16から明らかなように連続入力画像間での先行車10の縦方向の動きの大きさは数9式のようになる。

【0059】

【数9】

$$|y_t - y_{t+\Delta t}| = \frac{f \times h \times \Delta t \times a}{z_t \times (z_t + \Delta t \times a)}$$

ただし、数8式、数9式において、

40 x<sub>t</sub> : 時刻tでのウインドウ位置のx座標(画素)  
x<sub>t+Δt</sub> : 時刻t+Δtでのウインドウ位置のx座標(画素)

Δt : 画像の入力時間間隔(s)

a : 相対速度(m/s)

z<sub>t</sub> : 時刻tでの車間距離(m)

r : 前方道路の曲率半径(m)

f : 焦点距離(画素)

h : 先行車の一部から光軸までの距離(m)

である。

50 【0060】そして曲率半径rは走行道路によって異なる

るが、これは道路地図資料などから調べることができるため既知の値と見なすことができる（高速道路ではきついカーブでも300m程度であり、あらかじめ設定しておくこともできる）。また光軸からの高さ $h$ はカメラ1a, 1bの取付位置によって決まるもので、測定して入力しておくことができる。さらに相対速度 $a$ や車間距離 $z_t$ は画像処理で常に求めている。このため、数8式、数9式それぞれの右辺の代数文字のすべてに数値を代入することができるので、連続画像間で先行車の動く領域をあらかじめ求めておくことができる。つまり、相対速度 $a$ と車間距離 $z_t$ とが分かれれば、連続画像間で先行車の位置の動く大きさを算出することができ、このために、位置検出の走査範囲を限定することができ、演算処理時間を短縮することができる。

【0061】そこでこの第3の実施の形態の先行車追従装置では、第1の実施の形態において処理範囲限定部31を付加した構成とすることにより、距離算出部5から得られる車間距離 $z_t$ と相対速度算出部7から得られる相対速度 $a$ とに基づいて、数8式、数9式により処理範囲を限定し、これをテンプレート作成部8-2と先行車検出部3-2に与え、これらが実行するテンプレート作成処理とマッチング処理において走査範囲を限定させようとしているのである。

【0062】これによって第3の実施の形態では、先行車位置検出のための走査範囲を限定することができて処理時間を短縮することができ、さらに走査範囲を限定することで、先行車が幾何学的に撮像される可能性が全くない位置を検出することができないので、誤検出を減らすこともできる。

#### 【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の第1の実施の形態の機能ブロック図。
- 【図2】上記の実施の形態における光学系の説明図。
- 【図3】上記の実施の形態における先行車との相対速度が0の時の画像の時間推移を示す説明図。
- 【図4】上記の実施の形態における先行車が遠ざかる時の画像の時間推移を示す説明図。
- 【図5】上記の実施の形態における車間距離の最小2乗法による予測処理を示す説明図。
- 【図6】上記の実施の形態における上下2台のカメラに

よる観差算出処理を示す説明図。

【図7】上記の実施の形態におけるテンプレート作成部のテンプレート作成処理を示す説明図。

【図8】上記の実施の形態における先行車検出部の先行車検出処理を示す説明図。

【図9】上記の実施の形態における観差計算部のステレオマッチング処理を示す説明図。

【図10】本発明の第2の実施の形態の機能ブロック図。

10 【図11】上記の実施の形態における先行車の画像上の存在範囲を示す説明図。

【図12】上記の実施の形態における画像上の先行車検出手順を示す説明図。

【図13】上記の実施の形態におけるテンプレート作成部のテンプレート作成処理を示す説明図。

【図14】本発明の第3の実施の形態の機能ブロック図。

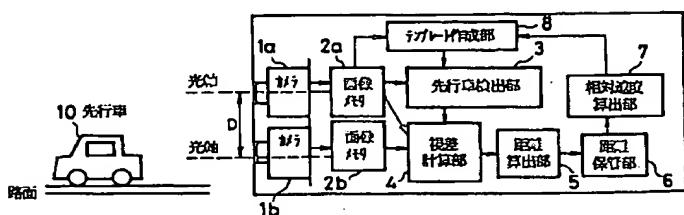
【図15】上記の実施の形態におけるカーブ道路での先行車の横方向の存在範囲を示す説明図。

20 【図16】上記の実施の形態における先行車の縦方向の存在範囲を示す説明図。

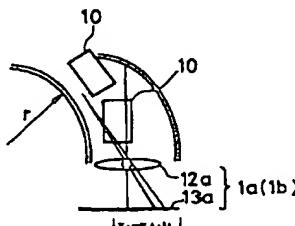
#### 【符号の説明】

- 1a, 1b カメラ
- 2a, 2b 画像メモリ
- 3, 3-1, 3-2 先行車検出部
- 4 観差計算部
- 5 距離算出部
- 6 距離保管部
- 7 相対速度検出部
- 8, 8-1, 8-2 テンプレート作成部
- 10 先行車
- 12a, 12b レンズ
- 13a, 13b 撮像面
- 21 追従判断部
- 22 テンプレート・距離保管部
- 23 距離画像作成部
- 24 最短距離位置検出部
- 25 y座標位置算出部
- 31 処理範囲限定部

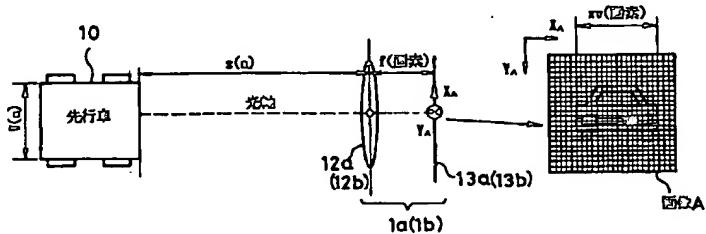
【図1】



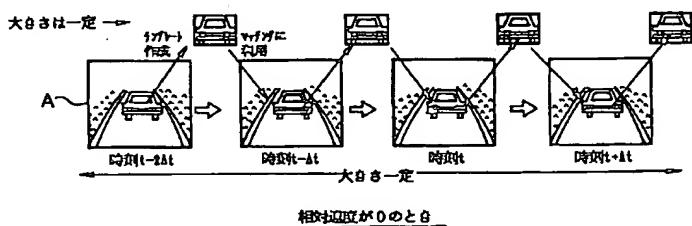
【図15】



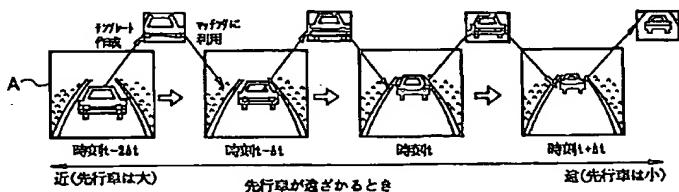
【図2】



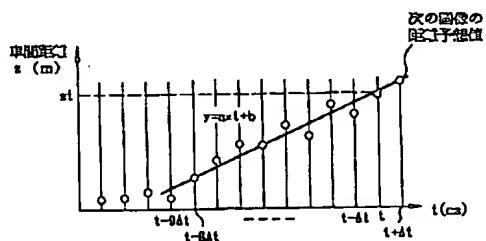
【図3】



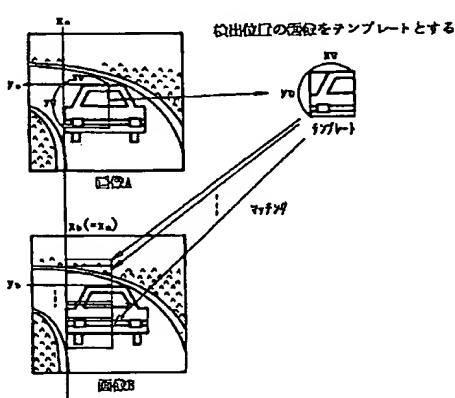
【図4】



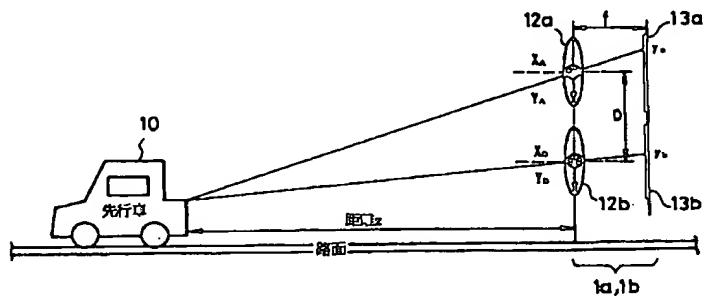
【図5】



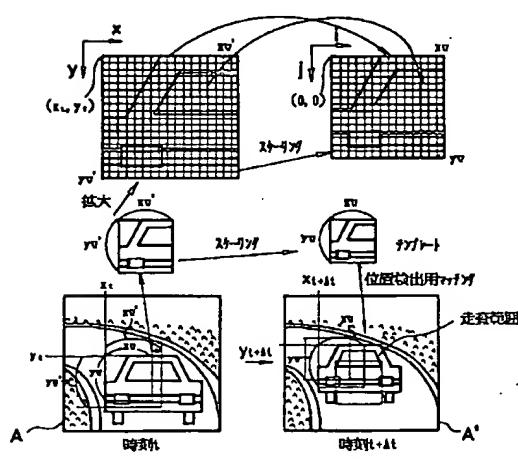
【図9】



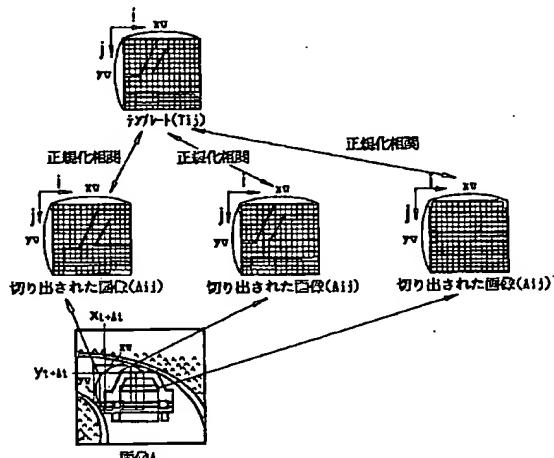
【図6】



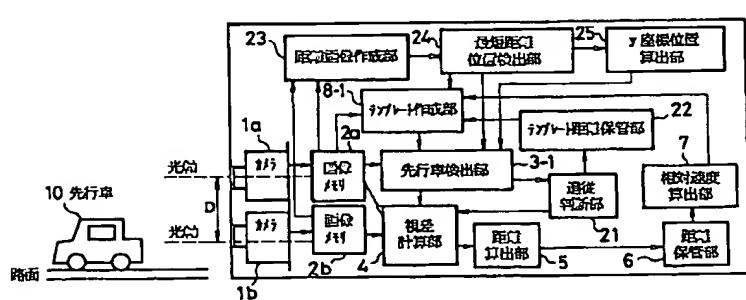
【図7】



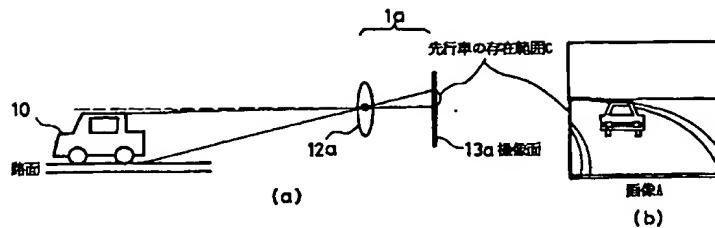
【図8】



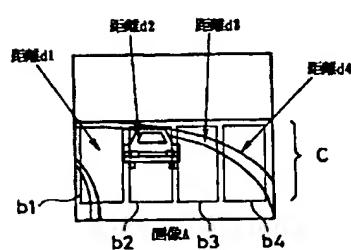
【図10】



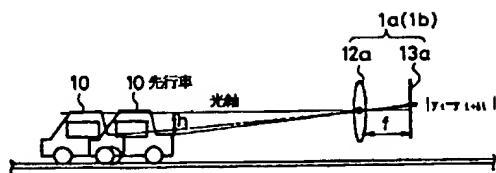
【図11】



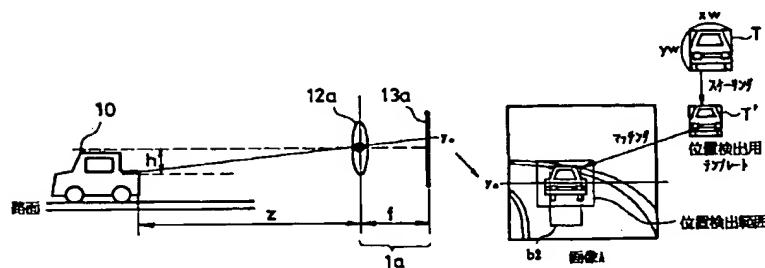
【図12】



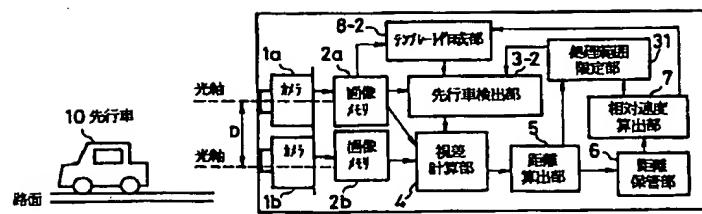
【図16】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.6

// G 01 C 3/06

識別記号

F I

G 06 F 15/62

4 1 5